

WO 02/071015

POSITION SENSOR, DESIGNED IN PARTICULAR FOR DETECTING A  
STEERING COLUMN TORSION

5 The present invention relates to the field of position sensors and, more particularly, to position sensors designed for measuring the torsion of a steering column, without the invention being however limited to this application.

A sensor is divulged in the American patent US 4 984 474, which is illustrative of the state of the art. This sensor has a stator part comprised of a ferromagnetic  
10 piece exhibiting teeth which protrude radially on two levels and which are positioned facing multi-polar magnets, which are magnetized radially and in alternating directions.

An additional ferromagnetic piece is placed facing the stator part and it exhibits an air gap in which is positioned a Hall sensor.

15 This solution of the prior art is not satisfactory, since it is conducive to a loss of magnetic signal between the stator part and the part including the Hall sensor. Furthermore, the magnetic field, generated by the magnets, gives rise to losses due to the structure of the sensor.

Another sensor is also divulged in the American patent US 4 784 002 which is  
20 also illustrative of the state of the art. This sensor is comprised of a part exhibiting a plurality of axially oriented magnets, co-operating with the radial teeth of a stator part.

This structure is also conducive to magnetic leakages and to a reduced efficiency, which is characterised by a poor " signal to noise " ratio.

25 The objective of the present invention is to remedy these drawbacks by proposing an improved position sensor with a better " signal to noise " ratio.

Another objective of the invention is to reduce the radial bulk.

To this end, the invention provides a position sensor - this term being used here in the broadest accepted sense thereof - which is designed, in particular, for  
30 detecting the torsion of a steering column and which is comprised of a first magnetic structure including a plurality of radially magnetised magnets and of a second magnetic structure including two ferromagnetic crowns exhibiting a plurality of teeth and defining an air gap in which is placed, at least, one magneto-sensitive element, the two magnetic structures being integral with, respectively, two parts capable of

rotating one with respect to the other. The sensor is characterised in that the two ferromagnetic crowns are intermeshed and exhibit, each one, a part which is substantially tubular and which forms axially oriented teeth, connected together by a transverse flux closing zone, the detection air gap being defined by said flux closing zones.

Advantageously, the first magnetic structure is comprised of a ferromagnetic tubular yoke exhibiting a plurality of tangential grooves, wherein are housed thin magnets which are magnetised substantially radially, in the same direction.

In a preferred embodiment, the height of the teeth corresponds, substantially, to the height of the magnets.

In an alternate version, the first and the second magnetic structures are movable with respect to the magneto-sensitive element.

In one particular embodiment, the position sensor includes N magneto-sensitive elements, wherein N corresponds to the number of phases of a brushless direct-current motor, of which the displacement is controlled by said sensor.

In a first embodiment, the crowns exhibit disc-shaped flux closing zones.

In a second embodiment, the crowns exhibit semi-toric flux closing zones.

In a third embodiment, the crowns exhibit flux closing zones, which are cut out to form a plurality of teeth.

In another embodiment, the crowns exhibit flux closing zones extending over 360°.

In another alternate version, the crowns exhibit flux closing zones extending over an angular sector corresponding, substantially, to the dimension of the magneto-sensitive element.

The invention is also concerned with a torsion sensor including two rotatable parts connected by an elastic gauge member and a position sensor including two parts which are integral with, respectively, said rotatable parts, the position sensor being comprised of a first magnetic structure comprising a plurality of radially magnetised magnets and of a second magnetic structure comprising two ferromagnetic crowns exhibiting a plurality of teeth and defining an air gap, in which is placed, at least, one magneto-sensitive element, the two magnetic structures being integral with, respectively, the two parts capable of a rotation with respect to each other. The torsion sensor is characterised in that the two ferromagnetic crowns are intermeshed and exhibit each one a part which is substantially tubular and which

is formed with teeth which are directed axially and which are connected by a transverse flux closing zone, the detection air gap being defined by said transverse flux closing zones.

The present invention will be better understood from the following description, made with reference to the appended drawings relating to a non-limiting exemplary embodiment, wherein :

- figure 1 is a schematic view of a steering column ;
- figure 2 is an exploded view of a first exemplary embodiment of a sensor ;
- figure 3 is a view of the second structure of said sensor ;
- figure 4 is an enlarged partly cross-sectional view of the sensor ;
- figure 5 is an exploded view of a second embodiment ;
- figure 6 shows the response curve of the sensor according to figure 5 ;
- figure 7 illustrates another alternate version (with a fixed sensor and a fixed stator) ;
- figure 8 is a cross-sectional view, taken transversally ;
- figure 9 illustrates an alternate version of the invention, in which the detection air gap is located between two fixed elements.

The objective of the invention is to remedy these problems of low sensitivity and it is aimed at contactless position detectors intended for the measurement of angles in the vicinity of  $10^\circ$  or lower, in applications such as, for example, the torque sensors of steering columns (the signal will be used subsequently for assisting the steering). The angular position sensor described in the following is intended for the measurement of a very small angular deviation (a few degrees) between two shafts connected by a torsion bar. Such an application for measuring a torque is illustrated in figure 1. In the domain where the deformation of this torsion bar is linear, this angular deviation ( $\alpha_1 - \alpha_2$ ) will be proportional to the torque applied between the two shafts (1), (3) connected together by a gauge member (2) which is capable of deforming elastically. The measurement of this angular deviation by the sensor will make it possible for the magneto-sensitive element to output an electrical signal, which will be proportional to the torque applied. In the case of a torque sensor of a steering column, the sensor (4) must additionally make it possible to measure the angular deviation between the two shafts rotating with respect to a reference fixed structure, namely the passenger compartment of the car. This means that  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$

2 are angles which can be in excess of  $360^\circ$  (the steering column can operate several turns). The angular measurement must therefore take place between the two shafts (1) and (3) when the torsion bar (2) deforms, with each one of the shafts being free to rotate by several turns. A typical working angle of torsion, in this application, is from  $+/- 2^\circ$  to  $+/- 4^\circ$  maximum. It is hence clear that there is a need, on the one hand, to provide a position sensor which is highly sensitive and, on the other hand, to provide a system making it possible for the magneto-sensitive element to be fixed with respect to the reference passenger compartment.

Figure 2 is an exploded view of a first embodiment of a sensor according to the invention.

It is comprised of a first magnetic structure (5) and of a second magnetic structure comprised of two intermeshed crowns (6, 7). The two magnetic structures have a generally tubular shape and are coaxial.

The first magnetic structure (5) is comprised of a yoke (8) having a tubular shape and exhibiting recesses for housing a plurality of thin magnets (9), which are magnetised along a radial direction or along a direction running parallel to the radial direction extending through the centre of the magnet.

These magnets are inserted in cavities measuring 0,2 – 0,9 times the thickness of the magnet.

These magnets are spaced apart by angular sectors (10) of the yoke.

The second structure is comprised of two ferromagnetic crowns (6, 7) exhibiting teeth (11, 12) which extend axially and which are spaced apart by empty intervals enabling the meshing of the teeth of the opposite crown.

The teeth are integral with respective flux closing zones (13, 14) extending generally in a transverse plane, perpendicularly to the main orientation of the teeth.

These two flux closing zones define an annular air gap (16), in which is positioned a magneto-sensitive element (15).

Figure 3 is a view of the second structure, once assembled, without the first structure, which is designed for being housed in the central recess and figure 4 is a cross-sectional detailed view of said sensor.

The first structure includes N magnets (9) and each one of the crowns of the second structure has N teeth. The magneto-sensitive element (15), for example a programmable Hall effect sensor, is fixed with respect to the reference passenger compartment. The sensor is placed in the air gap (16) between the two

ferromagnetic collectors (13) and (14), which receive each one the flux from N teeth and in such a manner as to allow the 2 cups to rotate by several turns.

Each one of these structures is capable of rotating relatively to the reference passenger compartment and they undergo, one relatively to the other, a differential motion of a few degrees, which is dependant upon the torque applied and which will produce a variation in the flux of a few hundred Gauss in the rotatable air gap (16). The analogue signal output by the Hall sensor (15) will provide an electrical representation of the torque applied between the 2 shafts supporting, on the one hand, the stator (6, 7) and, on the other hand, the rotor (5).

In the case of the torque sensors of steering columns, the information relating to this torque is generally used for controlling an electrical motor of the brushless direct-current type (BLDC). This electrical motor will act to provide the electrical assistance needed for the steering, by producing a torque which is proportional to that detected by the torque sensor, while following a position which is proportional to that of the steering column. Such motors have generally 3 coils termed "phases" and spaced apart electrically by  $120^\circ$ . These three-phased motors are driven in rotation by a controller, which will generate 3 sinusoidal signals of an amplitude which is proportional to the torque output by the torque sensor, while following a position which is proportional to that of the steering column. Generally, these two torque and position informations are provided from two different sensors.

According to the invention described in relation with figure 5, it is possible to provide the magnetic collectors (13) (14) with teeth, namely with D teeth (19, 20) distributed over  $360^\circ$ . A magneto-sensitive element (15) placed in the air gap (16) of figure 5 will therefore be subjected to an alternating magnetic field, having a period which is proportional to D and to the position of the "stator" part (5) which is rotatable with respect to the reference passenger compartment (but static with respect to the rotor (6) (7)) and which is also proportional to the torque applied between (5) and (6), (7).

If one places in the air gap (16) three magneto-sensitive elements (21, 22, 23) spaced apart by a pole pitch amounting to an electrical spacing of  $120^\circ$ , then, at the output of these 3 magneto-sensitive elements, the 3 sinusoidal curves described in relation to figure 6 are obtained, which have an amplitude which is proportional to the torque exerted upon the steering column and which, at the same time, yield information concerning the position of the steering column.

If the number of teeth D is selected judiciously according to the reducing ratio R often associated with the BLDC motor, the two informations, combined, can be used directly for controlling the BLCD motor via a transistor power stage.

Figure 7 shows another version, in which the crowns have two flux closing zones restricted to angular sectors (30, 31), of which the dimensions correspond substantially to the dimensions of the Hall sensor (15).

The principle explained above is not limited to applications involving torque sensors for steering columns, but can be applied to other measurements of very small angles, for instance to position sensors of brake pedals or of gas pedals. One can in fact design the two ferromagnetic collectors (13) (14), so as not to extend over 360 °, but to be restricted to a few tens of degrees, as illustrated in figure 7.

Figure 8 is a cross-sectional-view of the sensor, taken transversally.

The alternate structure shown in figure 9 was designed for the purpose of providing the detection air gap (16) between two fixed elements (34, 35).

Similarly to the structures illustrated in the previous figures, a variation of the induction is created in the teeth (11, 12) by an angular shift between the first magnetic structure, namely the rotor (5) and the two intermeshed magnetic structures, namely the toothed pieces (32, 33). The magnetic circuit is then extended by fixed elements (34, 35) spaced from the magnetic structures (32, 33) by a mechanical means (41). Accordingly, in this alternate version, the crowns (6, 7) are comprised of two toothed movable pieces (32, 33) and of two fixed elements (34, 35).

The two fixed elements (34, 35) are comprised of two flux integration zones (36, 37) surrounding either completely (over an angle of 360 °) or partly the toothed pieces (32, 33 and of the two concentrators (38, 39) for the magnetic flux, forming a detection air gap (16) into which is, or are, inserted the magneto-sensitive element or elements (15, 40).

## CLAIMS

1 - A position sensor, which is designed, in particular, for detecting the torsion of a steering column and which is comprised of a first magnetic structure including a plurality of magnets and of a second magnetic structure including two ferromagnetic crowns (6, 7) exhibiting a plurality of teeth (11, 12) and defining an air gap (16), in which is placed, at least, one magneto-sensitive element (15), the two magnetic structures being integral with, respectively, two parts capable of rotating one with respect to the other, characterised in that the two ferromagnetic crowns (6, 7) are intermeshed and exhibit, each one, a part which is substantially tubular and which forms axially oriented teeth (11, 12), connected together by a transverse flux closing zone (13, 14), the detection air gap (16) being defined by said flux closing zones.

2 - A position sensor according to claim 1, characterised in that the first magnetic structure is comprised of a ferromagnetic tubular yoke exhibiting a plurality of tangential grooves, wherein are housed thin magnets which are magnetised substantially radially in the same direction [either as magnets shaped as radially magnetised tiles, or as parallelepipedal magnets, magnetised along a direction which is perpendicular to the plane of the main face and, therefore, parallel to a radial direction extending through the centre of the magnet considered].

3 - A position sensor according to claim 1, characterised in that the height of the teeth corresponds, substantially, to the height of the magnets.

4 - A position sensor according to, at least, one of the preceding claims, characterised in that, at least, one of the magnetic structures is movable with respect to the magneto-sensitive element.

5 - A position sensor according to, at least, one of the preceding claims, characterised in that it includes N magneto-sensitive elements, wherein N corresponds to the number of phases of a brushless direct-current motor, of which the displacement is controlled by said sensor.

6 - A position sensor according to, at least, one of the preceding claims, characterised in that the crowns exhibit transverse disk-shaped flux closing zones.

7 - A position sensor according to, at least, one of claims 1 to 5, characterised in that the crowns exhibit semi-toric flux closing zones.

8 - A position sensor according to, at least, one of claims 1 to 5, characterised in that the crowns exhibit tubular flux closing zones.

9 - A position sensor according to, at least, one of claims 1 to 5, characterised in that the crowns exhibit flux closing zones, which are cut out to form a plurality of teeth.

10 - A position sensor according to, at least, one of the preceding claims, characterised in that the crowns exhibit flux closing zones extending over  $360^\circ$ .

11 - A position sensor according to, at least, one of claims 1 to 9, characterised in that the crowns exhibit flux closing zones which extend over an angular sector corresponding substantially to the dimension of the magneto-sensitive element.

12 - A position sensor according to claim 1, characterised in that the crowns (6, 7) are comprised of two movable toothed pieces (32, 33) and of two fixed elements (34, 35).

13 - A torsion sensor including two rotatable parts connected by an elastic gauge member and a position sensor including two parts which are integral with, respectively, said rotatable parts, the position sensor being comprised of a first magnetic structure comprising a plurality of radially magnetised magnets and of a second magnetic structure comprising two ferromagnetic crowns exhibiting a plurality of teeth and defining an air gap in which is placed, at least, one magneto-sensitive element, the two magnetic structures being integral with, respectively, the two parts capable of a rotation with respect to each other, characterised in that the two ferromagnetic crowns are intermeshed and exhibit, each one, a part which is substantially tubular and which is formed with teeth which are directed axially and



which are connected by a transverse flux closing zone, the detection air gap being defined by said transverse flux closing zones.

By the way, the present invention also relates to the use of the device according to the invention.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
12 septembre 2002 (12.09.2002)(10) Numéro de publication internationale  
PCT  
WO 02/071019 A1(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup>: G01L 3/10(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR02/00718(22) Date de dépôt international :  
27 février 2002 (27.02.2002)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
01/02905 2 mars 2001 (02.03.2001) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : MOV-  
ING MAGNET TECHNOLOGIES (S.A.) [FR/FR];  
ZAC La Fayette, 1, rue Christian Huygens, F-25000  
Besançon (FR).

(72) Inventeurs; et

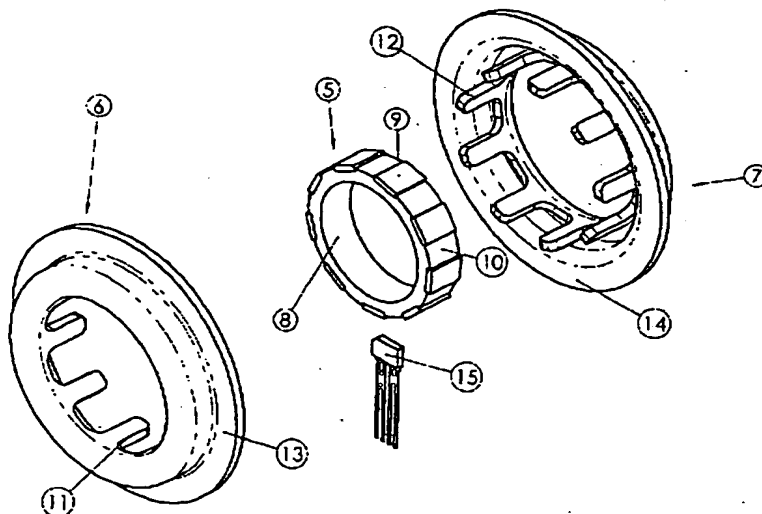
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : CANDEL,  
Pierre [FR/TR]; 18, chemin de Rochefort, F-25660 Mont-  
faucon (FR). FRACHON, Didier [FR/FR]; 4, rue Lucien  
Fehvre, F-25000 Besançon (FR). ANGLEVIEL, Didier  
[FR/FR]; 15, avenue Montrapon, F-25000 Besançon (FR).  
OUDET, Claude [FR/FR]; 12, rue du Capitaine Arrachart,  
F-25000 Besançon (FR). PRUDHAM, Daniel [FR/FR]; 7,  
impasse du Levant, F-25220 Thise (FR).(74) Mandataires : BREESE, Pierre etc.; Breese-Majewicz,  
3, avenue de l'Opéra, F-75001 Paris (FR).

(81) États désignés (national) : JP, US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, CH,  
CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
SE, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: POSITION SENSOR, DESIGNED IN PARTICULAR FOR DETECTING A STEERING COLUMN TORSION

(54) Titre : CAPTEUR DE POSITION, NOTAMMENT DESTINÉ À LA DÉTECTION DE LA TORSION D'UNE COLONNE  
DE DIRECTION

(57) Abstract: The invention concerns a position sensor, designed in particular for detecting a steering column torsion, consisting of a first magnetic structure including a plurality of magnets and a second magnetic structure including two ferromagnetic rings (6, 7) having a plurality of teeth (11, 12) and defining an air gap wherein is placed at least a magneto-sensitive element (15), the two magnetic structures being respectively integral with two parts in relative rotation. The invention is characterised in that the two ferromagnetic rings (6, 7) are nested and have each a substantially tubular part forming axially oriented teeth (11, 12) connected by a flux-closing zone (13, 14), the detecting air gap being delimited by said flux-closing zones.

[Suite sur la page suivante]

WO 02/071019 A1



Publiée :  
avec rapport de recherche internationale

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

(57) Abrégé : La présente invention concerne un capteur de position, notamment destiné à la détection de la torsion d'une colonne de direction, constitué par une première structure magnétique comprenant une pluralité d'aimants et une deuxième structure magnétique comprenant deux couronnes (6, 7) ferromagnétiques présentant une pluralité de dents (11, 12) et définissant un entrefer dans lequel est placé au moins un élément magnétosensible (15), les deux structures magnétiques étant solidaires respectives de deux parties en rotation relative, caractérisé en ce que les deux couronnes (6, 7) ferromagnétiques sont imbriquées et présentent chacune une partie sensiblement tubulaire formant des dents (11, 123) orientées axialement, reliées par une zone de fermeture de flux (13, 14), l'entrefer de détection étant délimité par lesdites zones de fermeture de flux.

CAPTEUR DE POSITION, NOTAMMENT DESTINE A LA  
DETECTION DE LA TORSION D'UNE COLONNE DE DIRECTION.

La présente invention concerne le domaine des  
capteurs de position, et plus particulièrement les capteurs de  
5 position destinés à la mesure de la torsion d'une colonne de  
direction, sans que cette application ne soit exclusive.

On connaît dans l'état de la technique le brevet  
américain US4984474 décrivant un capteur de l'état de la  
technique, présentant une partie statorique constituée par une  
10 pièce ferromagnétique formant des dents radiales, sur deux  
étages, placées en regard d'aimants multipolaires aimantés  
radialement en sens alternés.

Une pièce ferromagnétique additionnelle est placée  
en regard de la partie statorique, et présente un entrefer  
15 dans lequel est disposée une sonde de Hall.

Cette solution de l'art antérieur n'est pas  
satisfaisante car elle conduit à une perte de signal  
magnétique entre la partie statorique et la partie comprenant  
la sonde de Hall. Par ailleurs, le champ magnétique généré par  
20 les aimants donne lieu à des pertes dues à la structure du  
capteur.

On connaît également dans l'état de la technique un  
capteur décrit dans le brevet américain US4784002 décrivant un  
autre capteur de position, constitué par une partie présentant  
25 une pluralité d'aimants orientés axialement, coopérant avec  
des dents radiales d'une partie statorique.

Cette structure conduit également à des fuites  
magnétiques et à une efficacité réduite, se traduisant par un  
rapport "signal sur bruit" médiocre.

30 Le but de la présente invention est de remédier à  
ces inconvénients en proposant un capteur de position  
amélioré, dont le rapport signal sur bruit est meilleur.

Un autre but de l'invention est de réduire  
l'encombrement radial.

A cet effet, l'invention concerne selon son acception la plus générale un capteur de position, notamment destiné à la détection de la torsion d'une colonne de direction, constitué par une première structure magnétique comprenant une pluralité d'aimants aimantés radialement et une deuxième structure magnétique comprenant deux couronnes ferromagnétiques présentant une pluralité de dents et définissant un entrefer dans lequel est placé au moins un élément magnétosensible, les deux structures magnétiques étant solidaires respectives de deux parties en rotation relative, caractérisé en ce que les deux couronnes ferromagnétiques sont imbriquées et présentent chacune une partie sensiblement tubulaire formant des dents orientées axialement, reliées par une zone de fermeture de flux transversale, l'entrefer de détection étant délimité par lesdites zones de fermeture de flux.

Avantageusement, la première structure magnétique est constituée par une culasse tubulaire ferromagnétique, présentant une pluralité d'encoches tangentiellles dans lesquelles sont logés des aimants minces aimantés sensiblement radialement, en sens identiques.

Selon un mode de réalisation préféré, la hauteur des dents correspond sensiblement à la hauteur des aimants.

Selon une variante, la première et la seconde structure magnétiques sont mobiles par rapport à l'élément magnétosensible.

Selon un mode de réalisation particulier, le capteur de position comporte N éléments magnétosensibles, N correspondant au nombre de phase d'un moteur à courant continu sans balai dont le déplacement est commandé par ledit capteur.

Selon un premier mode de réalisation, les couronnes présentent des zones de fermeture de flux discales.

Selon un deuxième mode de réalisation, les couronnes présentent des zones de fermeture de flux semi-toriques.

5 Selon un troisième mode de réalisation, les couronnes présentent des zones de fermeture de flux découpées pour former une pluralité de dents.

Selon une autre mode de réalisation, les couronnes présentent des zones de fermeture de flux s'étendant sur 360°.

10 Selon une autre variante, les couronnes présentent des zones de fermeture de flux s'étendant sur un secteur angulaire correspondant sensiblement à la dimension de l'élément magnétosensible.

L'invention concerne également un capteur de torsion comprenant deux parties rotatives reliées par une  
15 éprouvette élastique, et un capteur de position comprenant deux parties solidaires respectivement desdites parties rotatives, le capteur de position étant constitué par une première structure magnétique comprenant une pluralité d'aimants aimantés radialement et une deuxième structure  
20 magnétique comprenant deux couronnes ferromagnétiques présentant une pluralité de dents et définissant un entrefer dans lequel est placé au moins un élément magnétosensible, les deux structures magnétiques étant solidaires respectives de deux parties en rotation relative, caractérisé en ce que les  
25 deux couronnes ferromagnétiques sont imbriquées et présentent chacune une partie sensiblement tubulaire formant des dents orientées axialement, reliées par une zone de fermeture de flux transversale, l'entrefer de détection étant délimité par lesdits zones de fermeture de flux.

30 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, se référant aux dessins annexés relatifs à un exemple non limitatif de réalisation, où :

- la figure 1 représente une vue schématique d'une colonne de direction ;
- la figure 2 représente une vue éclatée d'un premier exemple de réalisation d'un capteur ;
- 5 - la figure 3 représente une vue de la deuxième structure dudit capteur ;
- la figure 4 représente une vue agrandie, en coupe partielle, du capteur ;
- la figure 5 représente une vue éclatée d'une deuxième forme de réalisation ;
- 10 - la figure 6 représente la courbe de réponse du capteur selon la figure 5 ;
- la figure 7 représente une autre variante de réalisation (sonde fixe et stator fixe) ;
- 15 - la figure 8 représente une vue en coupe transversale,
- La figure 9 représente une variante de réalisation de l'invention dans laquelle l'entrefer de détection est situé entre deux éléments fixes.
- 20

L'objet de l'invention est de remédier à ces problèmes de faibles sensibilités et est relative aux capteurs de position sans contact destiné à la mesure d'angles voisins ou inférieurs à  $10^\circ$ , dans des applications telles que les capteurs de couple de colonne de direction par exemple (le signal sera ensuite exploité pour l'assistance de direction). Le capteur de position angulaire décrit dans ce qui suit est destiné à la mesure d'un écart angulaire très faible (quelques degrés) entre deux arbres reliés par une barre de torsion. Une telle application de mesure de couple est décrite à la figure 1. Dans le domaine de déformation linéaire de cette barre de torsion, cet écart angulaire ( $\alpha_1 - \alpha_2$ ) sera proportionnel au couple appliqué entre les deux arbres (1) (3) reliés par une



épreuve (2) déformable élastiquement. La mesure de cet écart angulaire par le capteur va permettre de délivrer un signal électrique en sortie de l'élément magnétosensible qui soit proportionnel au couple appliqué. Dans le cas du capteur de couple de colonne de direction le capteur (4) doit de plus permettre la mesure de l'écart angulaire entre deux arbres tournant par rapport au référentiel fixe qu'est l'habitacle de la voiture. C'est-à-dire que  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  sont des angles qui peuvent être supérieurs à  $360^\circ$  (la colonne de direction peut faire plusieurs tours). La mesure angulaire doit donc avoir lieu entre les deux arbres (1) (3) lorsque la barre de torsion (2) se déforme, chacun des deux arbres étant libres en rotation sur plusieurs tours. Un angle de travail en torsion typique dans cette application est de  $\pm 2^\circ$  à  $\pm 4^\circ$  maximum. On voit donc que le problème consiste d'une part à fournir un capteur de position très sensible et d'autre part un système permettant à l'élément magnétosensible d'être fixe par rapport au référentiel habitacle.

La figure 2 représente une vue éclatée d'un premier exemple de réalisation d'un capteur selon l'invention.

Il est constitué d'une première structure magnétique (5) et d'une deuxième structure magnétique formée par deux couronnes (6, 7) imbriquées. Les deux structures magnétiques présentent une forme générale tubulaire et sont coaxiales.

La première structure magnétique (5) est formée par une culasse (8) de forme tubulaire présentant des cavités pour le logement d'une pluralité d'aimants minces (9) aimantés selon une direction radiale, ou selon une direction parallèle à la direction radiale passant par le centre de l'aimant.

Ces aimants sont encastrés dans une cavité présentant entre 0,2 et 0,9 fois l'épaisseur de l'aimant.

Les aimants sont séparés par des secteurs angulaires (10) de la culasse.

La deuxième structure est formée de deux couronnes ferromagnétiques (6, 7) présentant des dents (11, 12) s'étendant axialement, et séparées par des intervalles vides permettant l'imbrication des dents de la couronne opposée.

5 Les dents sont prolongées par une zone de fermeture de flux respectivement (13, 14) s'étendant globalement dans un plan transversal, perpendiculaire à l'orientation principale des dents.

10 Ces deux zones de fermeture de flux délimitent un entrefer annulaire (16) dans lequel est positionnée un élément magnétosensible (15).

La figure 3 représente une vue de la deuxième structure assemblée, sans la première structure qui vient se loger dans la cavité centrale et la figure 4 une vue en détail et en coupe dudit capteur.

15 La première structure comporte N aimants (9), et chacune des couronnes de la deuxième structure présente N dents. L'élément magnétosensible (15), par exemple une sonde à effet Hall programmable, est fixe par rapport au référentiel fixe correspondant à l'habitacle. Il est placé dans l'entrefer (16) entre les 2 collecteurs ferromagnétiques (13) (14) qui ont chacun collecté le flux de N dents, et de façon à permettre aux 2 coupelles de tourner de plusieurs tours.

20 Chacune des structures est rotative par rapport au référentiel habitacle et présente un mouvement différentiel de quelques degrés l'un par rapport à l'autre en fonction du couple appliqué, qui va se traduire par une variation de flux de quelques centaines de Gauss dans l'entrefer tournant (16). Le signal analogique issu de la sonde de Hall (15) fournira  
30 donc une image électrique du couple appliqué entre les 2 arbres supportant d'une part le stator (6, 7) et d'autre part le rotor (5).

Dans le cas des capteurs de couple de colonne de direction, l'information de couple est en général exploitée

pour piloter un moteur électrique du type moteur à courant continu sans balai (BLDC). L'action de ce moteur électrique va être de fournir l'assistance électrique de direction, en fournissant un couple proportionnel à celui détecté par le capteur de couple, tout en suivant une position proportionnelle à celle de la colonne de direction. De tels moteurs possèdent en général 3 bobinages appelés « phases » réparties à  $120^\circ$  électriques. La rotation de ces moteurs triphasés est assurée par un contrôleur qui va générer 3 signaux sinusoïdaux d'amplitude proportionnelle au couple fourni par le capteur de couple, tout en suivant une position proportionnelle à celle de la colonne de direction. En général ces 2 informations de couple et de position proviennent de deux capteurs différents.

Selon l'invention décrite à la figure 5, il est possible que les collecteurs magnétiques (13) (14) soient dentés, et possèdent D dents (19,20) sur  $360^\circ$ . Un élément magnétosensible (15) placé dans l'entrefer (16) de la figure 5 verra donc un champ magnétique alterné, de période proportionnelle à D et à la position de la partie « statorique » (5) qui est tournante par rapport au référentiel fixe habitacle (mais statorique par rapport au rotor (6)(7)), et aussi proportionnel au couple exercé entre (5) et (6)(7).

Si l'on place dans l'entrefer (16) 3 éléments magnétosensibles (21, 22, 23) espacés d'un pas polaire équivalent à  $120^\circ$  de période électrique, on obtient en sortie de ces 3 éléments magnétosensibles les 3 sinusoïdes décrites à la figure 6, dont l'amplitude est proportionnelle au couple exercé sur la colonne de direction, et qui donnent en même temps une information de position de la colonne de direction.

Si l'on choisit judicieusement le nombre de dents D en fonction du rapport de réduction R souvent associé au moteur BLDC, ces 2 informations combinées peuvent être

directement utilisées pour piloter le moteur BLDC au travers d'un étage de puissance à transistors.

La figure 7 représente une autre variante de réalisation, dans laquelle les couronnes présentent deux zones de fermeture de flux réduites à des secteurs angulaires (30, 31) réduit dont les dimensions correspondent sensiblement aux dimensions de la sonde de Hall (15).

Le principe décrit auparavant ne se limite pas aux applications de capteur de couple de colonne de direction, mais peut être appliqué aux mesures de très petits angles, telles que des applications de capteur de pédales de freinage ou d'accélérateur. On peut en effet imaginer que les 2 collecteurs ferromagnétiques (13) (14) ne se développent pas sur 360°, mais sont limités à quelques dizaines de degrés, comme indiqués à la figure 7.

La figure 8 représente une vue en coupe transversale du capteur.

La variante de structure présentée sur la figure 9 a été développée dans le but de créer l'entrefer de détection (16) entre deux éléments fixes (34, 35).

De la même manière que dans les structures représentées sur les figures précédentes, une variation d'induction est créée dans les dents (11, 12) par un déphasage angulaire entre la première structure magnétique, c'est-à-dire le rotor (5), et deux structures magnétiques imbriquées, en l'occurrence des pièces dentées (32, 33). Le circuit magnétique est ensuite prolongé par des éléments fixes (34, 35) séparées des structures magnétiques (32, 33) par un jeu mécanique (41). Ainsi, dans cette variante, les couronnes (6, 7) sont ainsi constituées de deux pièces dentées mobiles (32, 33), et deux éléments fixes (34, 35).

Les deux éléments fixes (34, 35) sont composées de deux zones d'intégration du flux (36, 37) entourant, complètement (angle de 360°) ou partiellement, les pièces

dentées (32, 33), et de deux concentrateurs de flux magnétique (38, 39) créant un entrefer de détection (16) dans lequel sont insérés le ou les éléments magnétosensibles (15, 40).

## REVENDICATIONS

1 - Capteur de position, notamment destiné à la  
détection de la torsion d'une colonne de direction, constitué  
5 par une première structure magnétique comprenant une pluralité  
d'aimants et une deuxième structure magnétique comprenant deux  
couronnes (6, 7) ferromagnétiques présentant une pluralité de  
dents (11, 12) et définissant un entrefer (16) dans lequel est  
placé au moins un élément magnétosensible (15), les deux  
10 structures magnétiques étant solidaires respectives de deux  
parties en rotation relative, caractérisé en ce que les deux  
couronnes (6, 7) ferromagnétiques sont imbriquées et  
présentent chacune une partie sensiblement tubulaire formant  
des dents (11, 12) orientées axialement, reliées par une zone  
15 de fermeture de flux (13, 14), l'entrefer de détection (16)  
étant délimité par lesdites zones de fermeture de flux.

2 - Capteur de position selon la revendication 1,  
caractérisé en ce que la première structure magnétique est  
20 constituée par une culasse tubulaire ferromagnétique,  
présentant une pluralité d'encoches tangentiellles dans  
lesquelles sont logés des aimants minces aimantés sensiblement  
radialement en sens identiques [soit sous la forme d'aimants  
en forme de tuile aimantés radialement, soit sous la forme  
25 d'aimant parallélépipédique, aimantés selon une direction  
perpendiculaire au plan de la face principal, et donc  
parallèlement à une direction radiale passant par le centre de  
l'aimant considéré].

30 3 - Capteur de position selon la revendication 1,  
caractérisé en ce que la hauteur des dents correspond  
sensiblement à la hauteur des aimants.

4 - Capteur de position selon l'une au moins des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'une au moins des structures magnétiques est mobile par rapport à l'élément magnétosensible.

5

5 - Capteur de position selon l'une au moins des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte N éléments magnétosensibles, N correspondant au nombre de phase d'un moteur à courant continu sans balai dont le déplacement est commandé par ledit capteur.

10

6 - Capteur de position selon l'une au moins des revendications précédentes, caractérisé en ce que les couronnes présentent des zones de fermeture de flux de forme discale transversale.

15

7 - Capteur de position selon l'une au moins des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les couronnes présentent des zones de fermeture de flux de forme semi-torique.

20

8 - Capteur de position selon l'une au moins des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les couronnes présentent des zones de fermeture de flux de forme tubulaire.

25

9 - Capteur de position selon l'une au moins des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les couronnes présentent des zones de fermeture de flux découpées pour former une pluralité de dents.

30

10 - Capteur de position selon l'une au moins des revendications précédentes, caractérisé en ce que les couronnes présentent des zones de fermeture de flux s'étendant sur 360°.

11 - Capteur de position selon l'une au moins des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les couronnes présentent des zones de fermeture de flux s'étendant sur un secteur angulaire correspondant sensiblement à la dimension de l'élément magnétosensible.

12 - Capteur de position selon la revendication 1, caractérisé en ce que les couronnes (6, 7) sont constituées de deux pièces dentées mobiles (32, 33) et deux éléments fixes (34, 35).

13 - Capteur de torsion comprenant deux parties rotatives reliées par une éprouvette élastique, et un capteur de position comprenant deux parties solidaires respectivement desdites parties rotatives, le capteur de position étant constitué par une première structure magnétique comprenant une pluralité d'aimants aimantés radialement et une deuxième structure magnétique comprenant deux couronnes ferromagnétiques présentant une pluralité de dents et définissant un entrefer dans lequel est placé au moins un élément magnétosensible, les deux structures magnétiques étant solidaires respectives de deux parties en rotation relative, caractérisé en ce que les deux couronnes ferromagnétiques sont imbriquées et présentent chacune une partie sensiblement tubulaire formant des dents orientées axialement, reliées par une zone de fermeture de flux transversale, l'entrefer de détection étant délimité par lesdites zones de fermeture de flux.



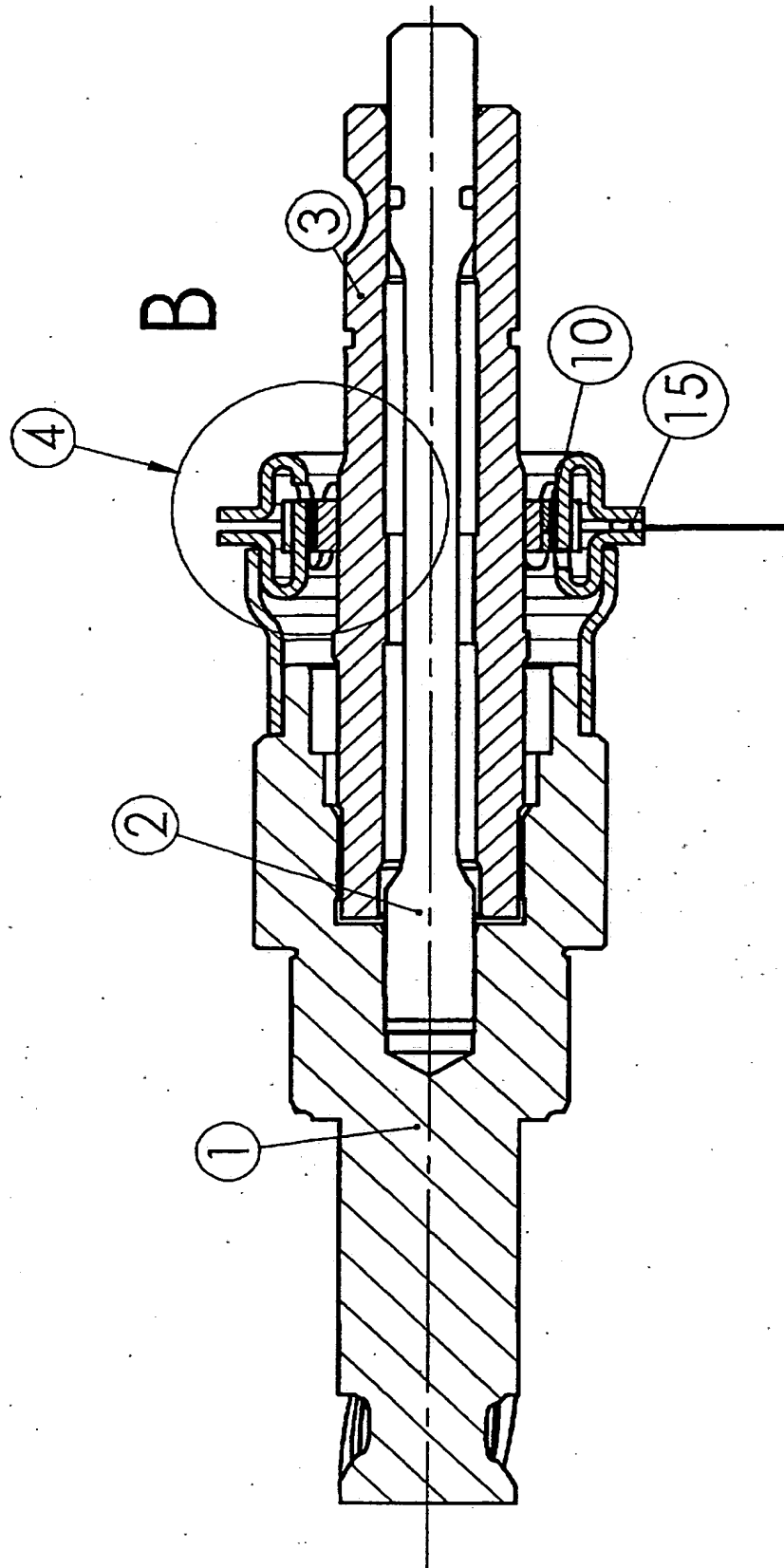


Figure 1

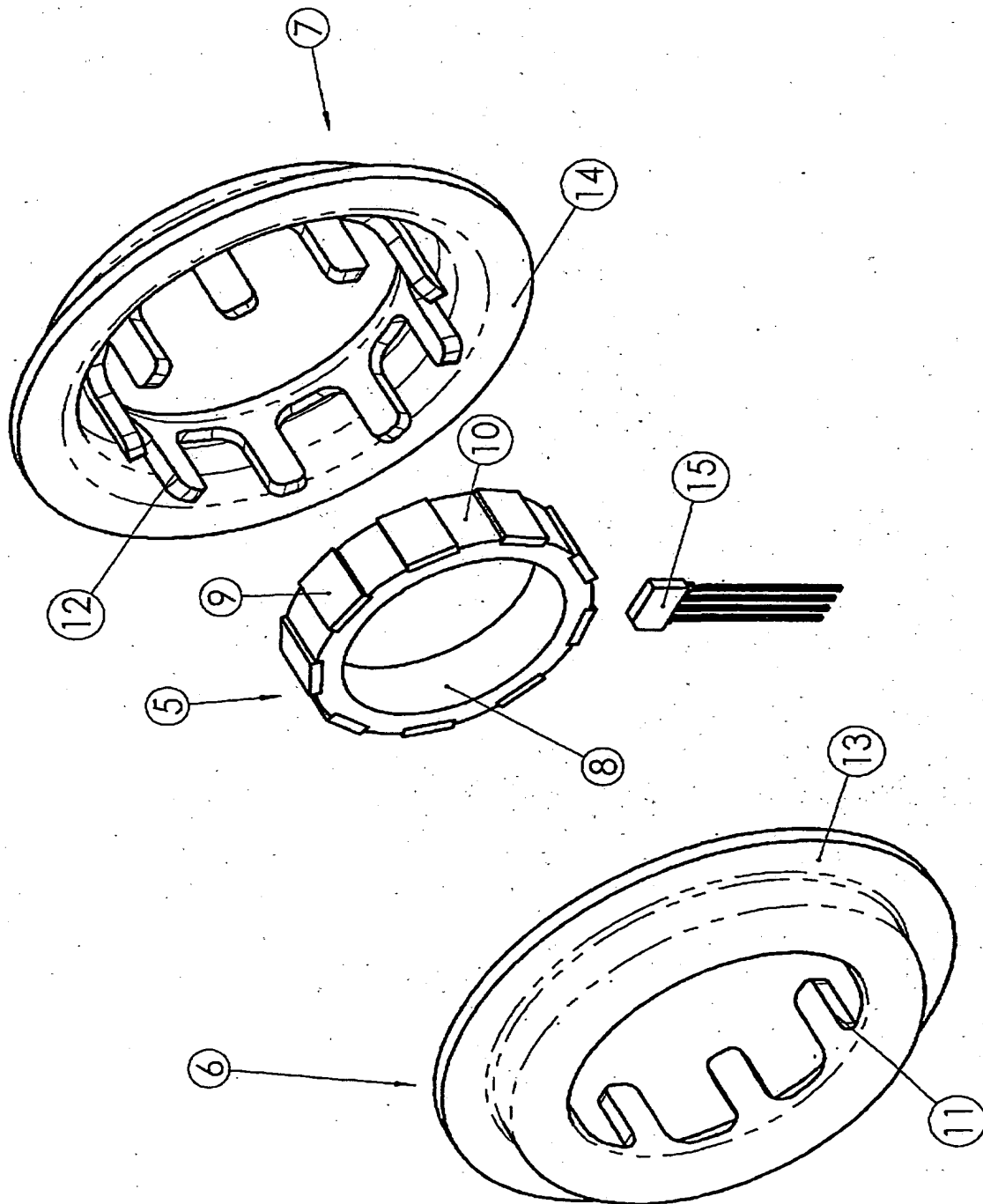


Figure 2

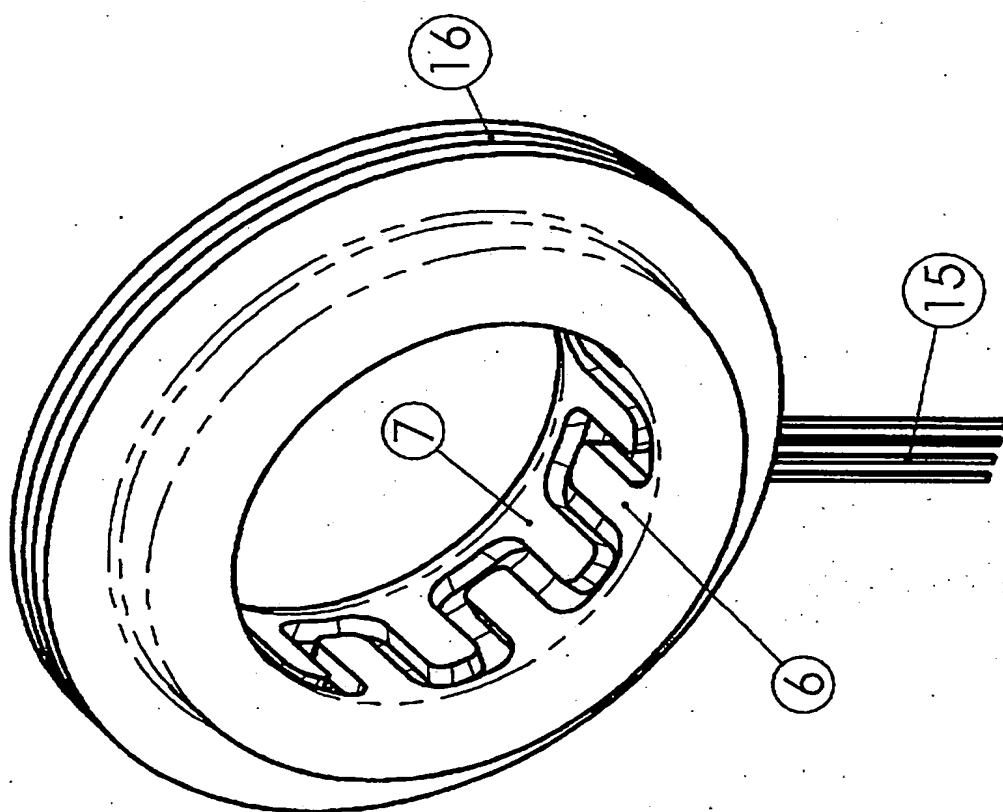


Figure 3

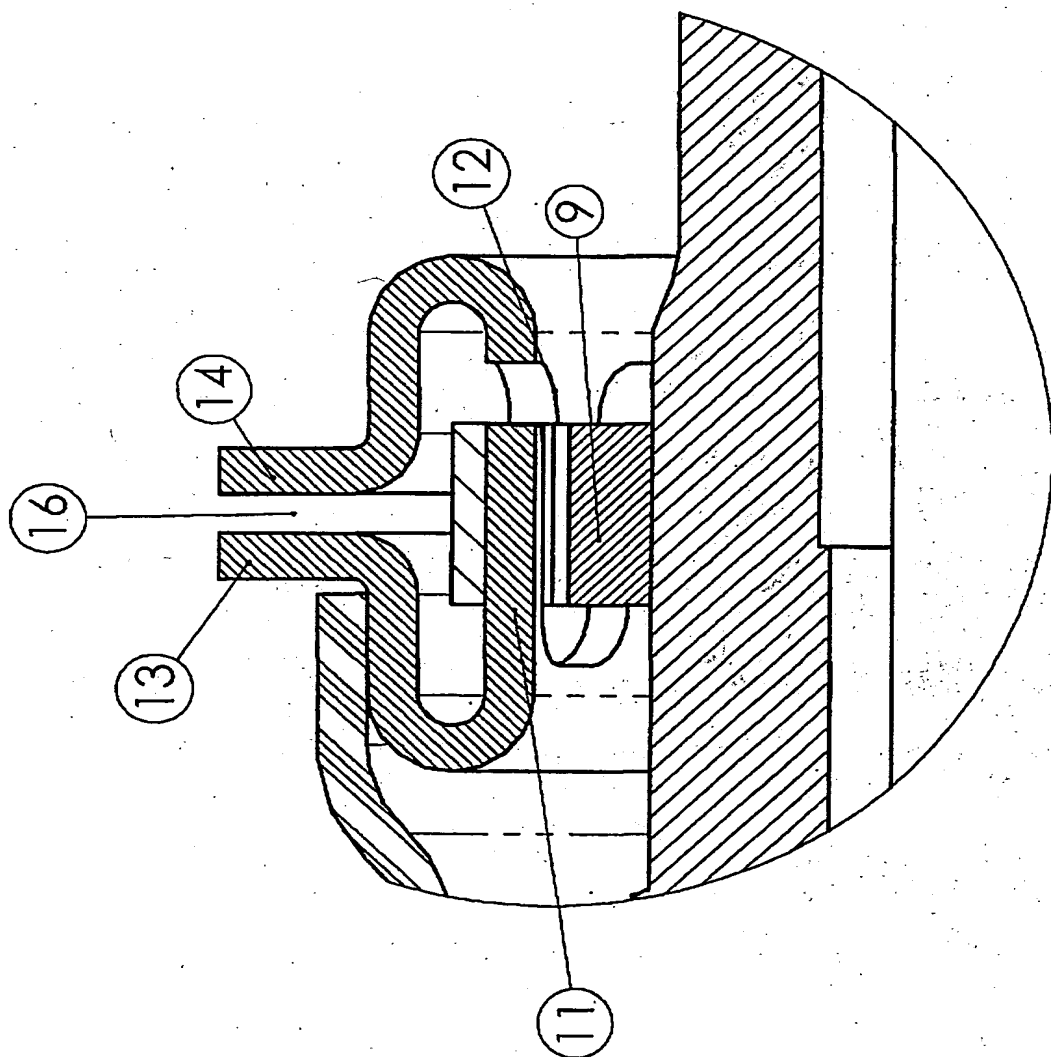


Figure 4

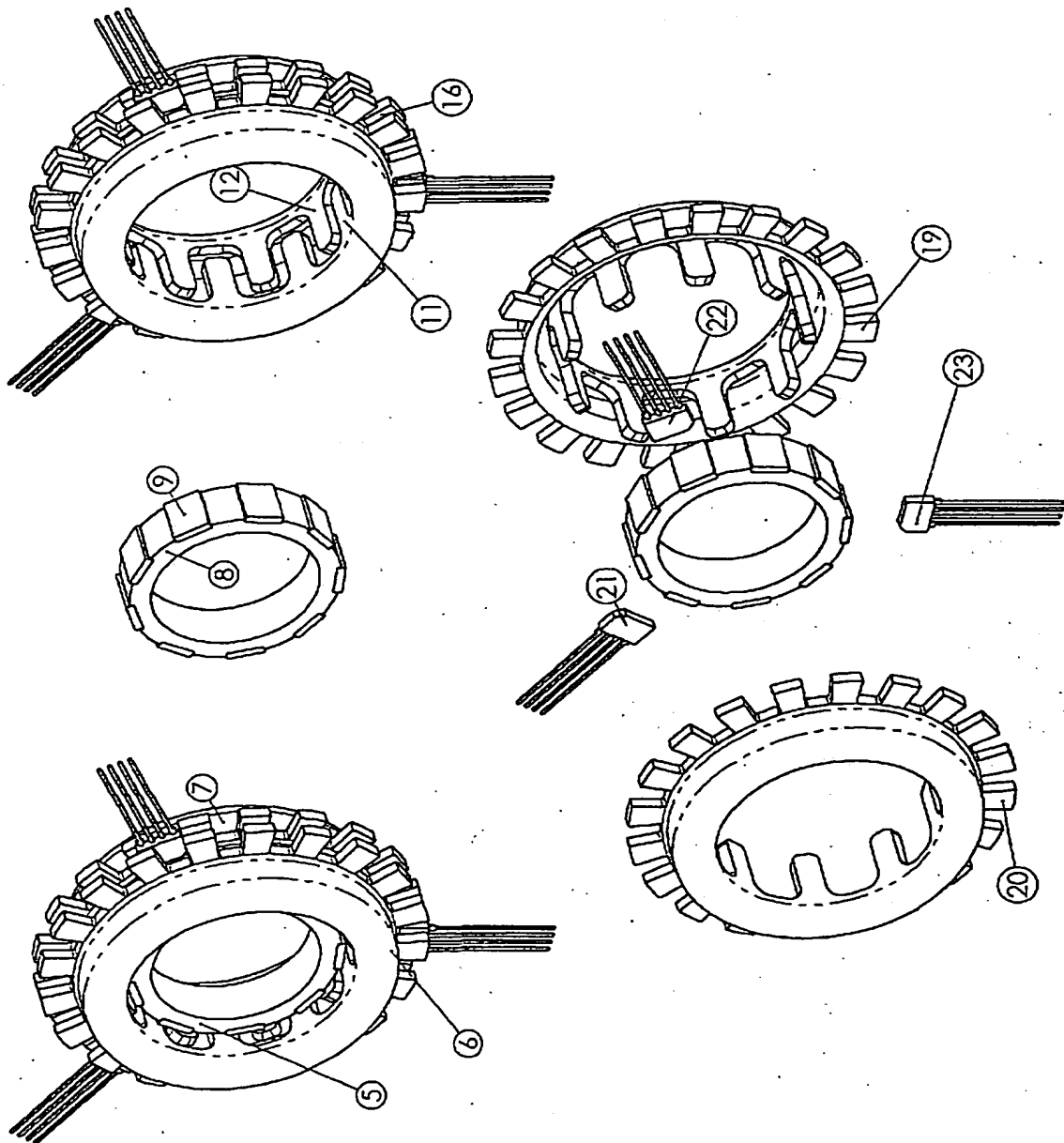


Figure 5

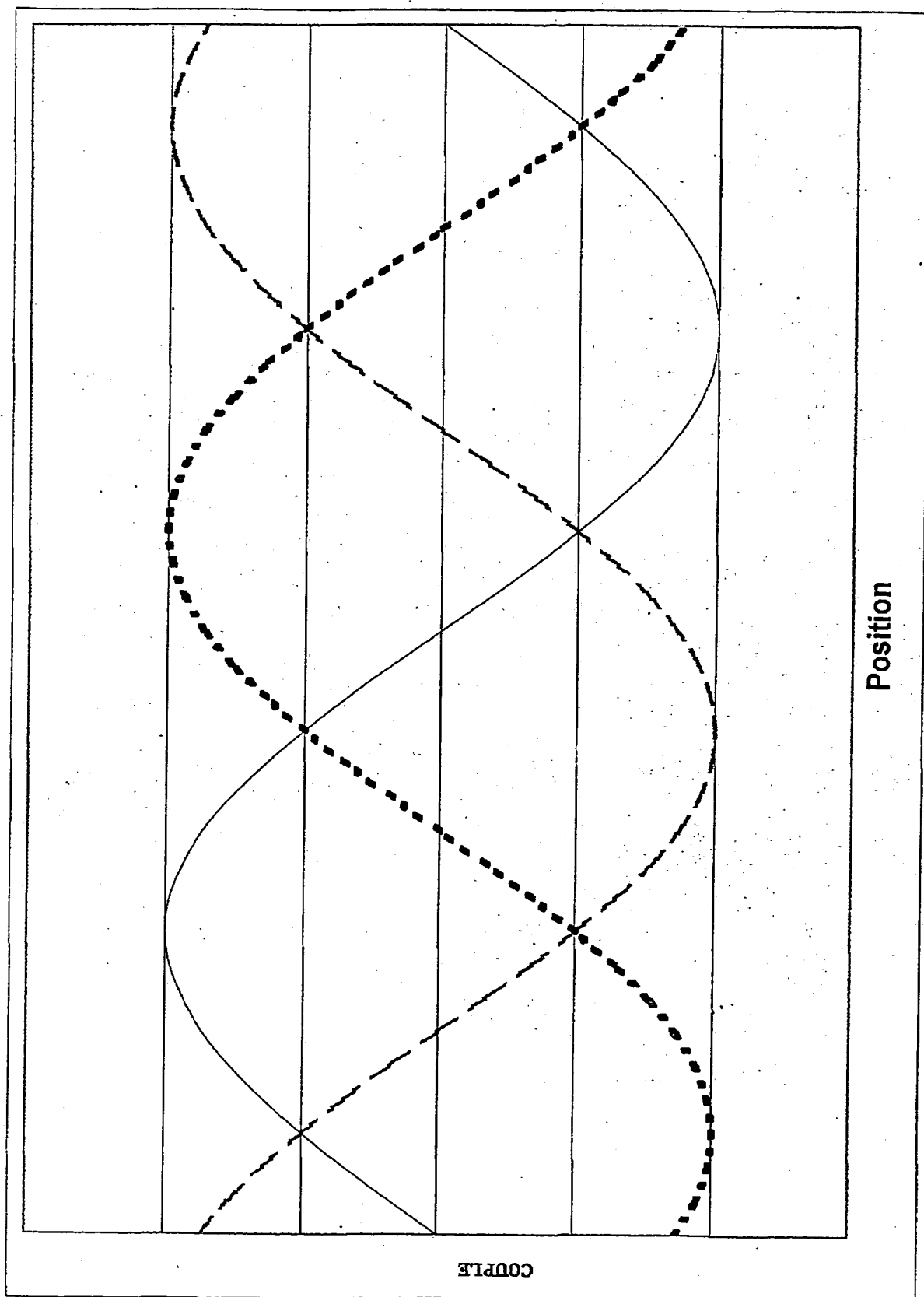


Figure 6

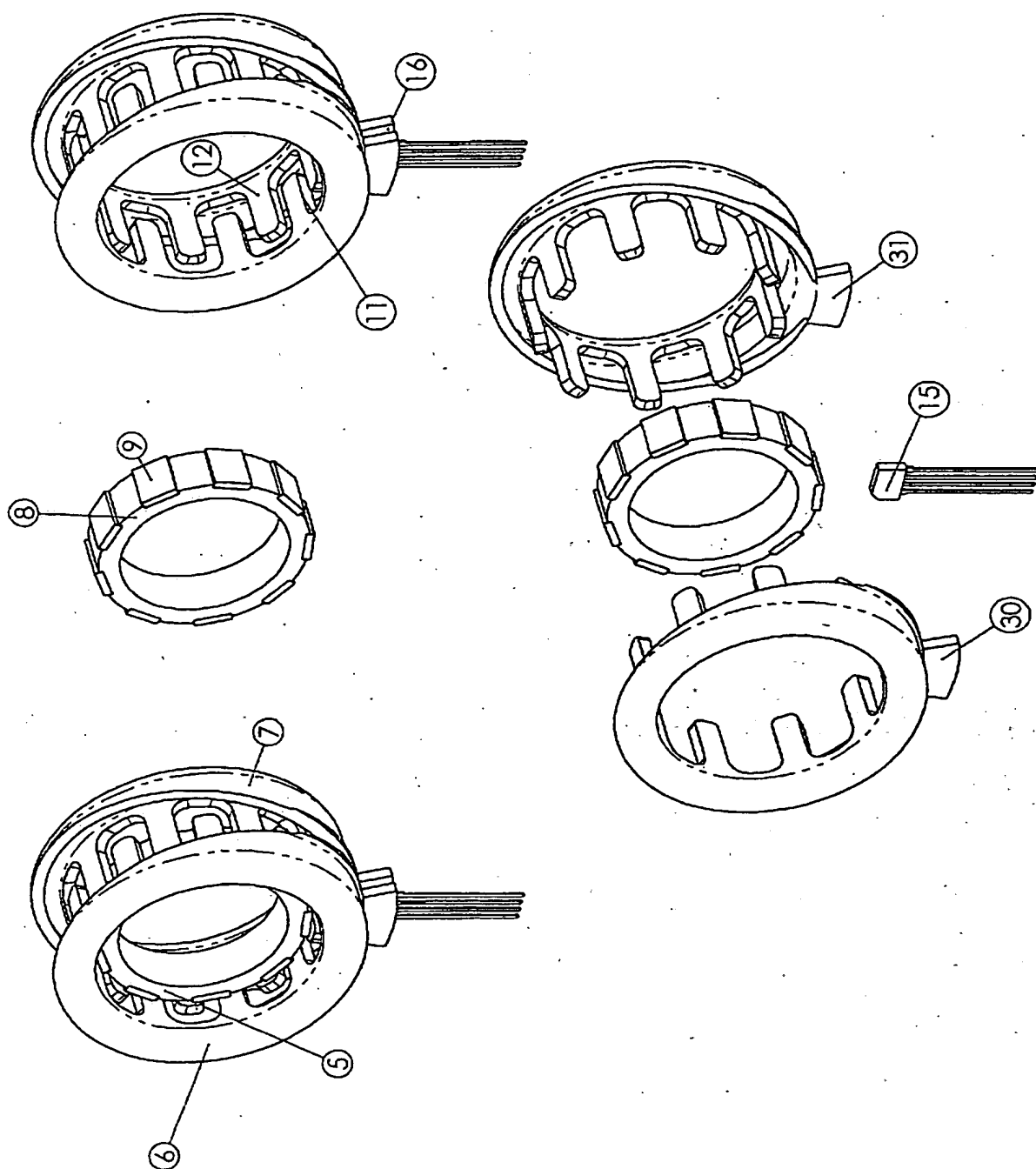


Figure 7

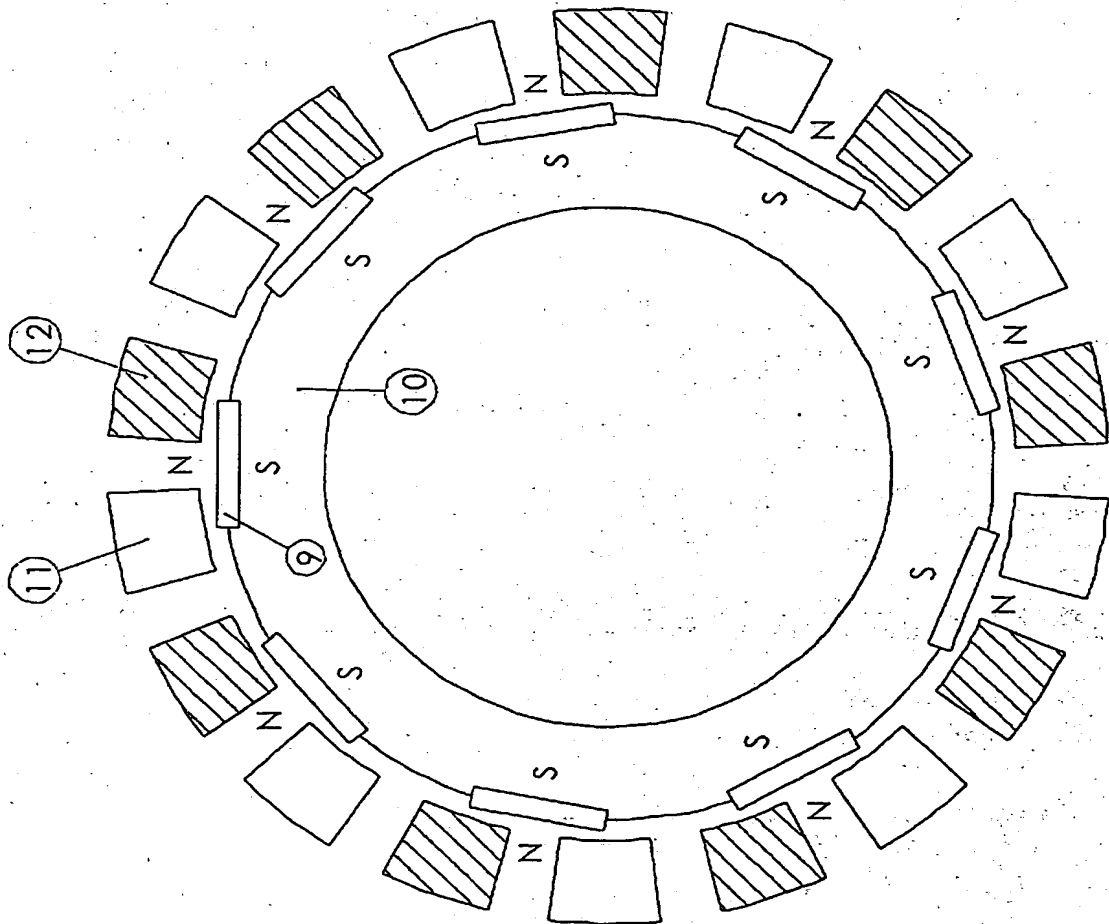


Figure 8



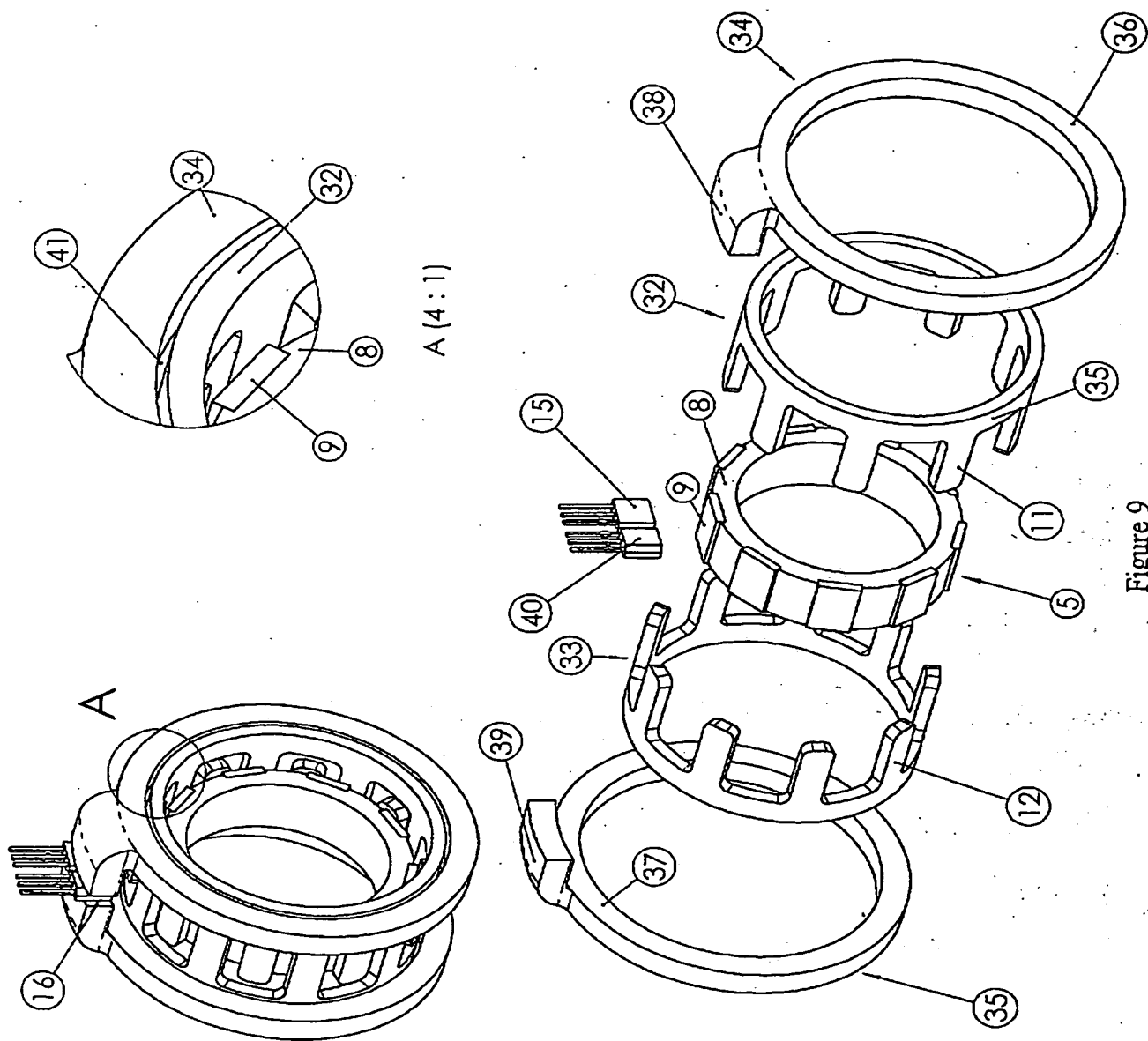


Figure 9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 02/00718

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01L3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01L G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 198 16 831 A (BOSCH GMBH ROBERT) 21 October 1999 (1999-10-21) column 2, line 27 -column 4, line 3; figures 1-4	1,4,13
A	DE 198 17 886 A (BOSCH GMBH ROBERT) 28 October 1999 (1999-10-28) column 3, line 66 -column 4, line 14; figure 3	1,4,13
A	GB 588 677 A (SIEMENS BROTHERS & CO LTD;FREDERICK TURNER) 30 May 1947 (1947-05-30) page 4, line 14 - line 129; figure 1	1,4,6, 10,13
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 June 2002

Date of mailing of the international search report

20/06/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.O. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Chapple, I

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte al Application No  
PCT/FR 02/00718

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 784 002 A (IO SHINICHI) 15 November 1988 (1988-11-15) cited in the application the whole document	1,13
A	US 4 984 474 A (MATSUSHIMA JUN ET AL) 15 January 1991 (1991-01-15) cited in the application the whole document	1,13

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

into  
PCT/FR 02/00718

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19816831	A	21-10-1999	DE 19816831 A1	21-10-1999
DE 19817886	A	28-10-1999	DE 19817886 A1	28-10-1999
			WO 9954697 A2	28-10-1999
GB 588677	A	30-05-1947	NONE	
US 4784002	A	15-11-1988	JP 2019106 C	19-02-1996
			JP 7043287 B	15-05-1995
			JP 63171332 A	15-07-1988
			JP 2070548 C	10-07-1996
			JP 7043288 B	15-05-1995
			JP 63171333 A	15-07-1988
			JP 1941815 C	23-06-1995
			JP 6078955 B	05-10-1994
			JP 63153439 A	25-06-1988
			JP 1941816 C	23-06-1995
			JP 6078956 B	05-10-1994
			JP 63158433 A	01-07-1988
			DE 3777774 D1	30-04-1992
			EP 0271633 A2	22-06-1988
US 4984474	A	15-01-1991	JP 2093321 A	04-04-1990
			JP 2613449 B2	28-05-1997
			JP 2141616 A	31-05-1990
			JP 2741388 B2	15-04-1998
			JP 2162211 A	21-06-1990

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Det... nternationale No  
PCT/FR 02/00718

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 G01L3/10

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 G01L G01D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	DE 198 16 831 A (BOSCH GMBH ROBERT) 21 octobre 1999 (1999-10-21) colonne 2, ligne 27 -colonne 4, ligne 3; figures 1-4	1, 4, 13
A	DE 198 17 886 A (BOSCH GMBH ROBERT) 28 octobre 1999 (1999-10-28) colonne 3, ligne 66 -colonne 4, ligne 14; figure 3	1, 4, 13
A	GB 588 677 A (SIEMENS BROTHERS & CO LTD;FREDERICK TURNER) 30 mai 1947 (1947-05-30) page 4, ligne 14 - ligne 129; figure 1	1, 4, 6, 10, 13
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

12 juin 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

20/06/2002

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Chapple, I

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demi Internationale No  
PCT/FR 02/00718

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 784 002 A (IO SHINICHI) 15 novembre 1988 (1988-11-15) cité dans la demande le document en entier	1, 13
A	US 4 984 474 A (MATSUSHIMA JUN ET AL) 15 janvier 1991 (1991-01-15) cité dans la demande le document en entier	1, 13

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem Internationale No  
PCT/FR 02/00718

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
DE 19816831	A	21-10-1999	DE	19816831 A1	21-10-1999
DE 19817886	A	28-10-1999	DE	19817886 A1	28-10-1999
			WO	9954697 A2	28-10-1999
GB 588677	A	30-05-1947	AUCUN		
US 4784002	A	15-11-1988	JP	2019106 C	19-02-1996
			JP	7043287 B	15-05-1995
			JP	63171332 A	15-07-1988
			JP	2070548 C	10-07-1996
			JP	7043288 B	15-05-1995
			JP	63171333 A	15-07-1988
			JP	1941815 C	23-06-1995
			JP	6078955 B	05-10-1994
			JP	63153439 A	25-06-1988
			JP	1941816 C	23-06-1995
			JP	6078956 B	05-10-1994
			JP	63158433 A	01-07-1988
			DE	3777774 D1	30-04-1992
			EP	0271633 A2	22-06-1988
US 4984474	A	15-01-1991	JP	2093321 A	04-04-1990
			JP	2613449 B2	28-05-1997
			JP	2141616 A	31-05-1990
			JP	2741388 B2	15-04-1998
			JP	2162211 A	21-06-1990

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**